

**Piceirhiza oleiferans,
eine neue Ektomykorrhizen-Art an *Picea abies* *)**

von

WALLER, K., AGERER, R., BRAND, F., TAYLOR, A.F.S. & WANNER, G.

Abstract:

WALLER, K., AGERER, R., BRAND, F., TAYLOR, A.F.S. & WANNER, G.: *Piceirhiza oleiferans*, a new species of ectomycorrhizae on *Picea abies*. - *Sendtnera* 1: 11 - 22. 1993. ISSN 0944-0178.

Piceirhiza oleiferans is comprehensively characterized and compared with other *Piceirhiza*- and *Fagirhiza*-species. Important features are a smooth, whitish habit, hyphae densely filled with oily droplets, a plectenchymatous mantle with isles of short cells and with long hyphal bundles in between. The ectomycorrhiza forming fungus belongs to the Basidiomycetes; dolipores could be proven ultrastructurally.

Einleitung

Ektomykorrhizen als symbiontische Organe zwischen Pilzen und Wurzeln besitzen eine Vielzahl von Merkmalen, die zu ihrer Charakterisierung und auch zum Erkennen von Pilzverwandtschaften herangezogen werden können (AGERER 1987-1992, 1991 a, 1993). Viele der im Boden zu findenden Ektomykorrhizen können derzeit nicht identifiziert, d.h. keinen bekannten Pilzarten zugeordnet werden. Ausführlich beschriebene, nichtidentifizierte Ektomykorrhizen erhalten eine eigene binomiale Bezeichnung (GRONBACH & AGERER 1986, WEISS & AGERER 1988, AGERER 1991 a) und werden in offiziellen Herbarien hinterlegt.

An *Picea abies* sind bisher 33 nichtidentifizierte Ektomykorrhizen-Arten beschrieben worden (zusammengestellt in AGERER 1991 b; HAUG et al. 1992); eine Art davon konnte mittlerweile identifiziert werden.

Material und Methoden

Die Methoden zur Isolierung von Ektomykorrhizen aus dem Boden, die Vorgehensweise bei

*) Gilt als Studien an Ektomykorrhizen XLVII. - Studien an Ektomykorrhizen XLVI: Waller et al. (1993).

der Analyse und mögliche Merkmalsausprägungen wurden an anderer Stelle bereits ausführlich zusammengestellt (AGERER 1991a). Ein Glossar für die benutzten Termini ist veröffentlicht (AGERER 1987-1992). Für die Herstellung von Schnitten wurde in Historesin eingebettetes Material verwendet (AGERER 1991 a).

Die ultrastrukturellen Untersuchungen wurden nach GALLI et al. (1989) durchgeführt.

Zur Isolierung des Ektomykorrhiza-Pilzes wurden 100 Ektomykorrhizen abgenommen, auf ein mit sterilem, deionisiertem Wasser angefeuchtetem Filterpapier im Trichter (98 mm im Durchmesser) einer Saugflasche gelegt. Sterilisiert wurde mit 0,3 l 30%igem H_2O_2 , das nach unterschiedlicher Einwirkzeit (1, 2, 4 min) abgepumpt wurde. Mit sterilem Wasser wurde mehrmals nachgespült. Zu jeweils Zehn wurden die Ektomykorrhizen auf Agarplatten mit unterschiedlichen Nährböden (MMN, 1/2 MMN, 1/2 MMN + 5 mg/l Benomyl; MARX 1969, TAYLOR & ALEXANDER 1989) gelegt. Ektomykorrhizen mit bereits nach zwei Tagen auswachsendem Mycel wurden entfernt, da hierbei vom Auswachsen von Fremdinfektionen ausgegangen werden mußte.

Piceirhiza oleiferans* an *Picea abies* (L.) Karst.

Referenzbeleg: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Staatsforst Höglwald, Versuchsfläche C2, vor allem im Humus, aber auch im Mineralboden, 11.12.1991, leg. F. Brand & A.F.S. Taylor; Ektomykorrhiza WA1 in Herb. K. WALLER (M); submontanes, oberbayerisches Tertiärhügelland, Feinsedimente des Obermiozäns als Ausgangsmaterial, im Oberboden deutliche Lößlehmkomponente, Fichtenreinbestand auf gekalkter, regenkonditioniert beregneter (KREUTZER et al. 1991), ursprünglich saurer Parabraunerde, im Unterboden mit schwacher Tendenz zur Pseudovergleyung.

HABITUS (Abb. 1 a-c)

Irregulär monopodial-pyramidal, mit vereinzelt knopfförmigen Seitenästen 2. Ordnung; Achse gerade bis leicht gebogen, Seitenäste gerade. Mykorrhizensystem bis 11 mm lang, Achse 0,5-0,9 mm im Durchmesser; Seitenäste bis 4 mm lang und 0,25-0,5 mm im Durchmesser. Mantel farblos, Wurzel durchschimmernd und dadurch Ektomykorrhiza bräunlich-rosa erscheinend, Mykorrhizaspitze weiß; Oberfläche glatt. Abziehende Hyphen nur an wenigen Stellen gut erkennbar. Rhizomorphen der Basis der Ektomykorrhiza entspringend, glatt, farblos, selten.

ANATOMIE (FLÄCHENANSICHT)

M a n t e l (Abb. 2b, Tafel 1b) in Aufsicht plectenchymatisch, aus einem dichten Netz farbloser, öltröpfchenhaltiger Hyphen; Manteltyp A/B (nach AGERER 1991 a); Hyphenzellen 40-60 μm lang, 3-5 μm im Durchmesser, Zellwand dünn. Fließender Übergang zu einer stellenweise pseudoparenchymatischen (Abb. 2c, Tafel 1 c-d) Schicht aus ovalen und vereinzelt langgestreckten Zellen, von langen Hyphen durchzogen; Zellen farblos, mit Öltröpfchen, 6-20 μm lang und 5-14 μm im Durchmesser, Zellwand 0,4-0,8 μm dick, Zahl der Zellen in 20 x 20 μm : 4-5. Fließender Übergang zur innersten, plectenchymatischen Schicht (Abb. 3 a-b, Tafel 2 a) aus langgestreckten Hyphen, mit Inseln aus rundlichen und

* Etymologie: *Piceirhiza*: Ektomykorrhiza an *Picea*; *oleiferans*: bezieht sich auf die vielen Öltröpfchen in den Hyphen.

vereinzelt, daraus langgestreckt hervorwachsenden Zellen, somit pseudoparenchymatische Inseln in plectenchymatischem Hypengeflecht darstellend; Hyphen farblos, mit Öltröpfchen, Hyphenzellen 15-60 µm lang, 3-4 µm im Durchmesser, Zellwand 0,3-0,5 µm. Mantel der Mykorrhizaspitze mit gleichem Aufbau.

Abziehende Hyphen (Abb. 2a) farblos, 2,5-5 µm im Durchmesser, zum großen Teil kurz, 20-30 µm lang und aus einer Zelle bestehend oder 60-120 µm lang mit Septenabständen bis 40 µm, mit Öltröpfchen und vereinzelt mit Schnallen, Zellwand 0,3 µm, selten 0,6 µm; Anastomosen vereinzelt, ohne Septum.

Rhizomorphen (Abb. 3c) selten, 20-30 µm im Durchmesser, Rand glatt (nur an W2 gefunden); Aufbau einfach, d.h. alle Hyphen gleich gestaltet; Rhizomorphentyp B (nach AGERER 1991 a); Hyphen farblos, öltröpfchenhaltig, Septenabstand 15-130 µm, Zellen 2,5-3,5 µm im Durchmesser, Zellwand 0,6-07 µm, abziehende Hyphen selten, mit gleichen Abmessungen.

ANATOMIE (QUERSCHNITT)

Mantel (Tafel 2a) 50-60 µm dick, aus drei, voneinander abgrenzbaren Schichten bestehend; Hyphen sehr kompakt beisammenliegend, an der Innen- und Außenseite des Mantels mit kleinem, in der Mitte mit bis zu 4fach vergrößertem Zellumen; abziehende Hyphen selten. Außenseite des Mantels aus einer 2-4 Zellschichten breiten, 10 µm dicken Lage aus tangential verlaufenden Hyphen; Hyphen 3-4 µm im Durchmesser, Zellwand dünn, Schicht sehr zart, häufig abgerissen. Mittelschicht 20-25 µm dick, aus ovalen bis länglichen Zellen, Längsachse stets tangential zur Wurzel; Zellen 3-12 µm lang, 3-12 µm im Durchmesser, Zellwand (0,5) 0,8 (1) µm dick, verschleimt. Innenseite aus 10-15 µm dicker Schicht, Zellen meist tangential, selten quer angeschnitten, meist kollabiert; Zellen sehr schmallumig, 3 µm im Durchmesser, Zellwand 0,3-0,5 µm, verschleimt.

Tanninzellen (Tafel 2f): unregelmäßig tangential-oval, 1-2(3) Zellschichten umfassend, tangential (15)20-55(60) µm, radial 4-14 µm, durchschnittliche tangentielle Länge (TCt) = 34,2 µm, durchschnittlicher Quotient tangential : radial (TCq) = 4,2; Hyphen des Hartigschen Netzes einschichtig, in älteren Mykorrhizen auch bis 2(3)schichtig und dann Rindenrestzellwände verdickt, 2,5-4 µm dick (bis 5 µm wenn mehrreihig), annähernd rund, in älteren Mykorrhizen radial-oval.

Rindenzellen (Tafel 2f): Hartigsches Netz bis zur Endodermis vordringend, z.T. auch noch in äußeren Zellwänden der Endodermis, Rindenzellen tangential-oval bis radial-oval, tangential (11) 18-32 µm, radial (10)14-20(25) µm, durchschnittliche tangentielle Länge (CCt) = 21,9 µm, durchschnittlicher Quotient tangential : radial (CCq) = 1,4; Hyphen des Hartigschen Netzes einschichtig (in älteren Mykorrhizen auch bis zweischichtig), zylindrisch (in älteren Mykorrhizen rundlich bis radial-oval), 2-3(4) µm dick (in älteren Mykorrhizen bis zu 5 µm).

ANATOMIE (LÄNGSSCHNITT)

Mantel (Tafel 2b-c) dem Querschnitt entsprechend. Mantel der Mykorrhizaspitze 40-50 µm dick, fast ausschließlich aus runden Zellen, 2-3 µm im Durchmesser an der Mantelinnenseite, 4-5 µm im Durchmesser in der Mantelmittelschicht, Mantelaußenseite aus 2-

3 Zellschichten dicker Lage tangential verlaufender Hyphen, Hyphen 4-5 μm im Durchmesser, Zellwände 0,5 μm dick.

Tanninzellen (Tafel 3d): asymmetrisch-elliptisch bis unregelmäßig zylindrisch, parallel zur Wurzeloberfläche liegend, tangential (30)50-130(150) μm , radial 7-17 μm , durchschnittliche tangentielle Länge (TCt) = 83 μm , durchschnittlicher Quotient tangential: radial (TCq) = 7,3.

Rindenzellen (Tafel 2d): unregelmäßig elliptisch, parallel bis leicht schräg zur Wurzeloberfläche liegend, tangential (32)45-100 μm , radial 12-25(33) μm , durchschnittliche tangentielle Länge (CCt) = 79,8 μm , durchschnittlicher Quotient tangential : radial (CCq) = 4,6.

Hartigches Netz in Flächenansicht (Tafel 2g): schwach bis typisch palmetti-artig verzweigt, Loben 2-4 μm breit.

FARBREAKTIONEN DES MANTELS MIT VERSCHIEDENEN CHEMISCHEN REAGENZEN

Säurefuchsin: keine Reaktion (= kR); Anilin: kR; Brillantkresylblau: kR; Milchsäure- Baumwollblau: kR; Ethanol 70%: kR; Eisensulfat: kR; Formol 40%: kR; Guaiak: kR; Kalilauge: kR; Milchsäure: kR; Phenol: kR; Phenol-Anilin: kR; Rutheniumrot: kR; Sulfovanillin: kR; Sudan IV: Öltröpfchen rot.

AUTOFLUORESZENZ

Ganze Ektomykorrhiza unter der UV-Handlampe: 254 nm: keine; 366 nm: keine. Längs- und Querschnitte im Fluoreszenz-Mikroskop: UV-Filter (340-380 nm): äußere Mantelschicht crème, mittlere und innere fahlbläulich; Blau-Filter (450-490nm): äußere Mantelschicht orange-gelb; Grün-Filter (530-560 nm): rot.

KERNFÄRBUNG (mit Karminessigsäure)

2 Kerne pro Zelle, 1,5-4 μm im Durchmesser oder leicht oval, meist dicht zusammenliegend, häufig an den Septen.

STERILKULTUR

Sterilkultur besonders erfolgreich bei 2minütiger Behandlung der Mykorrhizen mit 30% H_2O_2 und Aufbringen auf 1/2 MMN.

Kolonie im Jugendstadium, nach ca. 10 Wochen 2 cm im Durchmesser, aus weißem Mycel bestehend, mit leicht ausgefranstem Rand, ab 2 cm Durchmesser Mycel stärker aushyphend und farblosen, ausgefransteren Hof bildend; Hyphen ausschließlich im Substrat wachsend, mit vielen Öltröpfchen, ohne Schnallen; Hyphen 3-4 μm im Durchmesser, zum Teil blasig angeschwollen, Zellwand dünn; Hyphen verzweigt; Anastomosen selten, mit Kontaktsepten.

Ergebnisse: Anzahl gewachsener Kolonien/Anzahl auf Medium ausgelegter Mykorrhizen.

Agarmedium	ohne Behandlung		1 Minute	2 Minuten	4 Minuten
	ohne H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	H ₂ O ₂
1/2 MMN	0/10	1/20		9/20	1/20
1 MMN				2/10	
1/2 MMN + 5 mg/l Benomyl				4/20	

ULTRASTRUKTUR

Zellwand lamelliert, Öltröpfchen in den Hyphenzellen schwarz, Zellkerne sehr nahe zusammenliegend und nahe den Septen, Septen mit Doliporus.

UNTERSUCHTES MATERIAL

Referenzbeleg. - Weiteres Material: Deutschland, Bayern, Landkreis Aichach, Staatsforst Höglwald, Versuchsfläche C2, in Mineralboden, 06.03.1992, leg. F. Brand, A.F.S. Taylor & K. Waller, Ektomykorrhiza WA2 in Herb. K. WALLER (M).

Diskussion

Durch die glatte, weiße Oberfläche und zusammen mit den vielen Öltröpfchen in den Hyphenzellen, dem nicht gelatinösen Aufbau und durch lediglich spärlich auftretende Schnallen ist diese Art eindeutig charakterisiert.

Eine ähnliche Ektomykorrhiza ist allerdings an *Fagus* bekannt. *Fagirhiza oleifera* (BRAND 1991) besitzt ebenfalls viele Öltröpfchen in den Hyphenzellen, der Aufbau des Mantels unterscheidet sich jedoch von jenem von *Piceirhiza oleiferans*. Die Manteloberfläche von *Fagirhiza oleifera* besteht aus einem Plectenchym aus netzig, zum Teil sternförmig verzweigten, kurzcelligen Hyphen, während jener von *Piceirhiza oleiferans* aus einem dichten Plectenchym mit Inseln aus kurzen Zellen mit zwischenliegenden Hyphenbündeln aufgebaut ist. Die Mantelinnenfläche ist in beiden Arten plectenchymatisch, doch zeigen sich bei *Piceirhiza oleiferans* auch in dieser Schicht deutliche Inselbildungen. Da solche Unterschiede in der Mantelstruktur nach den bisherigen Erkenntnissen (AGERER 1987-1992, PILLUKAT 1991, PILLUKAT & AGERER 1992, TREU 1990) auf von verschiedenen Pilzarten gebildete Merkmale schließen lassen, kann davon ausgegangen werden, daß *Piceirhiza oleiferans* und *Fagirhiza oleifera* von unterschiedlichen Pilzarten gebildet werden. Eine weitere, Öltröpfchen führende Ektomykorrhizen-Art an Buche, *Fagirhiza globulifera* (BRAND 1991), besitzt kopfige

Cystiden auf der Manteloberfläche und ist somit ebenfalls gut von *Piceirhiza oleiferans* abgrenzbar.

Der an der Bildung von *Piceirhiza oleiferans* beteiligte Pilz gehört aus mehreren Gründen zu den Basidiomycetes. Er bildet gelegentlich Schnallen, besitzt Kernpaare, weist eine im Elektronenmikroskop erkennbare, lamellierte Zellwand auf und bildet Doliporen. Außerdem ist das Wachstum auf mit Benomyl versetztem Nährmedium ein Hinweis auf einen Basidiomyceten; Ascomyceten werden meist durch diesen Zusatz am Wachstum gehindert (SUMMERBELL 1987). Da die gewonnene Kultur weder vereinzelte Schnallen besitzt, noch eine erfolgreiche Synthese von Ektomykorrhizen an Fichten-Sämlingen gelang, jedoch septierte Anastomosen bildete (nicht an der Ektomykorrhiza aufzufinden), ist unsicher, ob der richtige Pilz aus der Ektomykorrhiza isoliert wurde. Allerdings spricht die oftmalige Isolierung aus den Ektomykorrhizen und langsames Wachstum für die Inkulturnahme des symbiontischen Pilzes. Die in den Kulturhyphen auftretenden Öltröpfchen kommen in Kulturen vieler Pilze vor.

Danksagung

Die vorliegenden Untersuchungen wurden finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Literatur

- AGERER, R., (ed.) 1987-1992: Colour Atlas of Ectomycorrhizae. 1st-6th delivery. - Einhorn Verlag, Schwäbisch-Gmünd.
- 1991a: Characterization of ectomycorrhiza. - In: NORRIS, J.R., D.J. READ & A.K. VARMA (eds.): Techniques for the study of mycorrhiza. - Methods Microbiol. 23: 25-73. - Ac. Press, London et al.
- 1991b: Index of unidentified ectomycorrhizae I. - Names and identifications published 1986-1990. - Mycorrhiza 1(1): 45-46.
- 1993: Anatomical characteristics of identified ectomycorrhizae. - In: HOCK, B. & A.K. VARMA (eds.): Mycorrhiza: Structure, function, molecular biology and biotechnology pp. 25-73 - Springer, Berlin.
- BRAND, F. 1991: Ektomykorrhizen an *Fagus sylvatica*. Charakterisierung und Identifizierung, ökologische Kennzeichen und unsterile Kultivierung. - Libri Botanici 2: 1-228.
- GALLI, D., R. WIRTH & G. WANNER 1989: Identification of aggregation substance of *Enterococcus faecalis* after induction by sex pheromons. - Arch. Microbiol. 151: 486-490.
- GRONBACH, E. & R. AGERER 1986 - Charakterisierung und Inventur der Fichten-Mykorrhizen im Höglwald und deren Reaktionen auf saure Beregnung. - Forstwiss. Cbl. 105 (4): 329-335.
- HAUG, I., K. PRITSCH & F. OBERWINKLER 1992 - Der Einfluß von Düngung auf Feinwurzeln und Mykorrhizen im Kulturversuch und im Freiland. - PEF - Ber. 97: 1-159. Karlsruhe.
- KREUTZER, K., A. GÖTTLEIN, P. PRÖBSTLE & M. ZULEGER 1991 - Höglwaldforschung 1982-1989. Zielsetzung, Versuchskonzept, Basisdaten. - Beih. Forstwiss. Cbl. 39: 11-21.
- MARX, D.H. 1969: The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections I. Antagonism of aseptically formed mycorrhizae to infection by *Phytophthora cinnamomi*. - Phytopathol. 59: 549-558.
- PILLUKAT, A. 1991 - Vergleichende Untersuchung der Ektomykorrhizen von *Russula ochroleuca* und *Paxillus involutus* an verschiedenen Baumarten. - Diplomarbeit, München.

- PILLUKAT, A. & R. AGERER 1992 - Studien an Ektomykorrhizen XL. - Vergleichende Untersuchungen zur baumbezogenen Variabilität der Ektomykorrhizen von *Russula ochroleuca*. - Z. Mykol. 58(2) : 211-242.
- SUMMERBELL, R.C. 1987 - The inhibitory effect of *Trichoderma* species and other soil microfungi on formation of mycorrhiza by *Laccaria bicolor* in vitro. - New Phytol. 105: 437-448
- TAYLOR, A.F.S. & I.J. ALEXANDER 1989 - Ectomycorrhizal synthesis with an isolate of *Russula aeruginea*. - Mycol. Res. 92 (1): 103-107.
- TREU, R. 1990 - Charakterisierung und Identifizierung von Ektomykorrhizen aus dem Nationalpark Berchtesgaden. - Bibl. Mycol. 134: 1-196.
- WALLER, K., S. RAIDL & R. AGERER, 1993: Die Ektomykorrhizen von *Scleroderma citrinum*. Z. Mykol. 59(2).
- WEISS, M. & R. AGERER 1988 - Studien an Ektomykorrhizen XII. - Drei nichtidentifizierte Mykorrhizen an *Picea abies* (L.) Karst. aus einer Baumschule. - Eur. J. For. Pathol. 18: 26-43.

Anschriften der Verfasser:

WALLER, Kerstin, Prof. Dr. R. AGERER & Dr. F. BRAND: Institut für systematische Botanik der Universität München, Menzinger Straße 67, D-80638 München.

DR. TAYLOR, A.F.S.: The University of Sheffield, Department of Botany, Sheffield S10 2TN. Great Britain.

Dr. WANNER, G.: Institut für Botanik der Universität München, Menzinger Straße 67, D-80638 München.

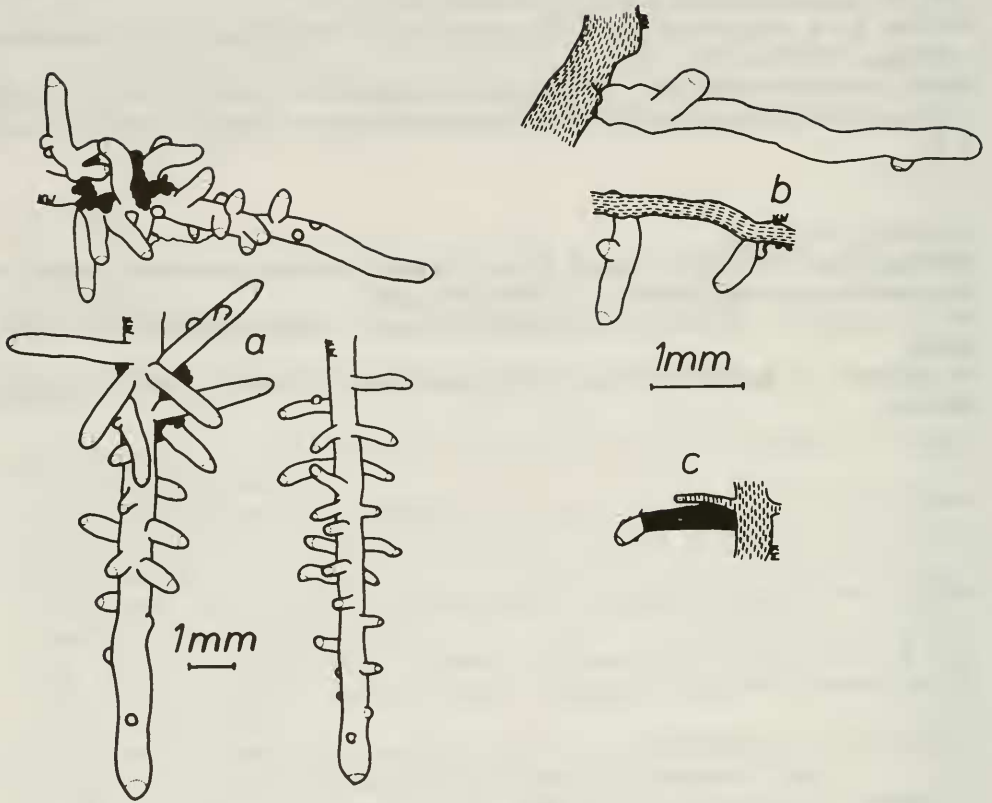


Abb. 1 - *Piceirhiza oleiferans*. - a. Habitus, monopodial-pyramidal verzweigtes Mykorrhizensystem. - b. Habitus, junge Mykorrhizen. - c. Habitus, Mykorrhiza von *Piceirhiza oleiferans* an der Spitze von *Piceirhiza nigra* wachsend. (Abb. a von WA2; Abb. b-c von WA1).

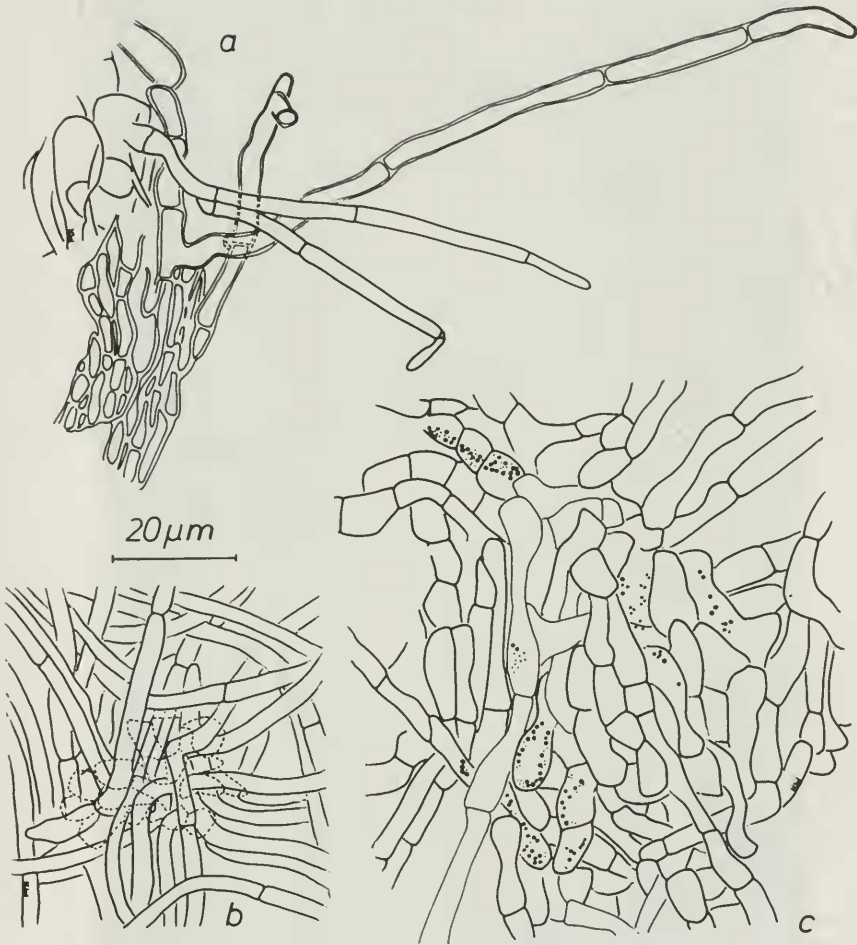


Abb. 2 - *Piceirhiza oleiferans*. - a. Abziehende Hyphen mit einer Schnalle. - b. Mantelaufsicht, Plectenchym aus nestförmig angeordneten, kurzcelligen Hyphen durch längere Hyphen voneinander getrennt, alle Zellen mit Öltröpfchen, nur an wenigen Stellen eingezeichnet. - c. Mittlere Mantelschicht, überwiegend pseudoparenchymatisch, jedoch stellenweise plectenchymatisch, alle Zellen mit Öltröpfchen, nur an wenigen Stellen eingezeichnet. (Abb. a von WA2; Abb. b-c von WA1).

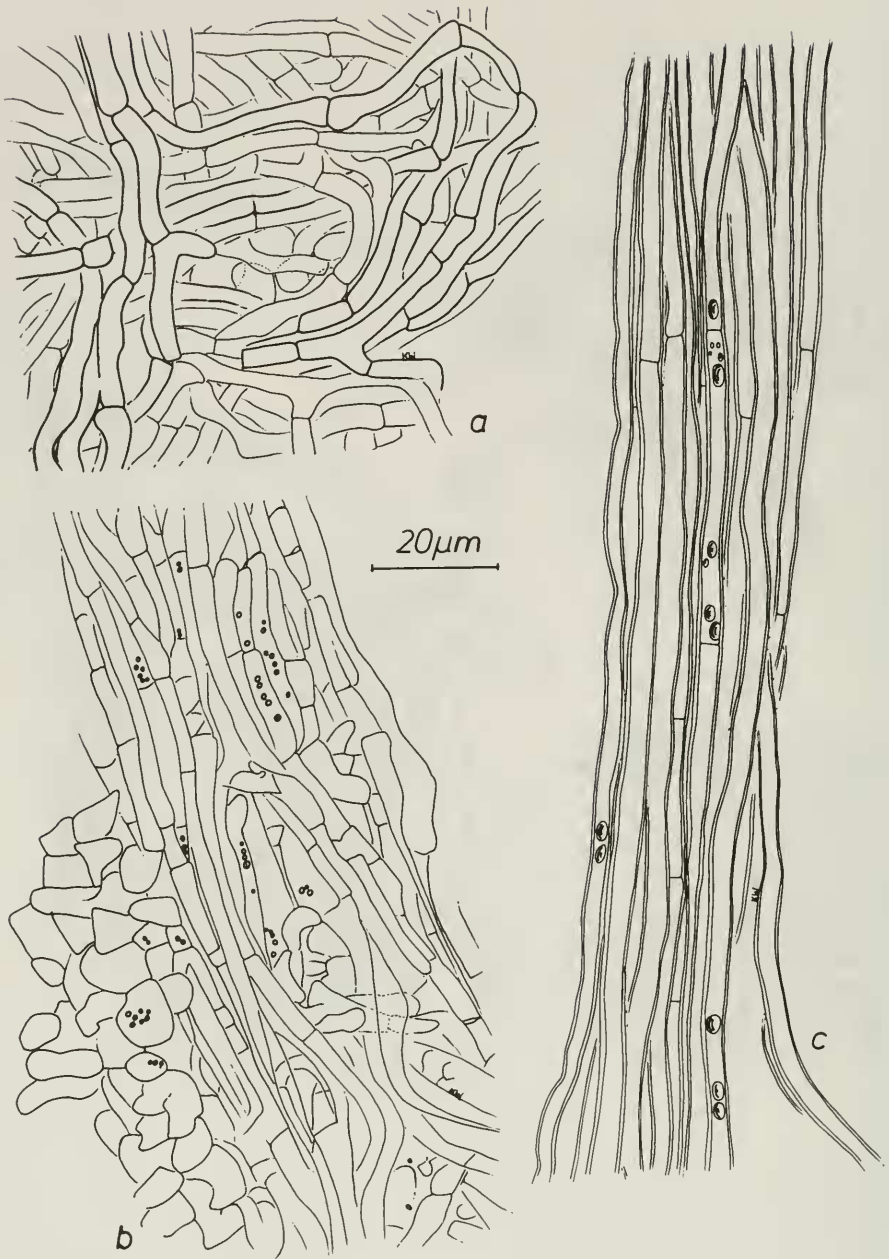
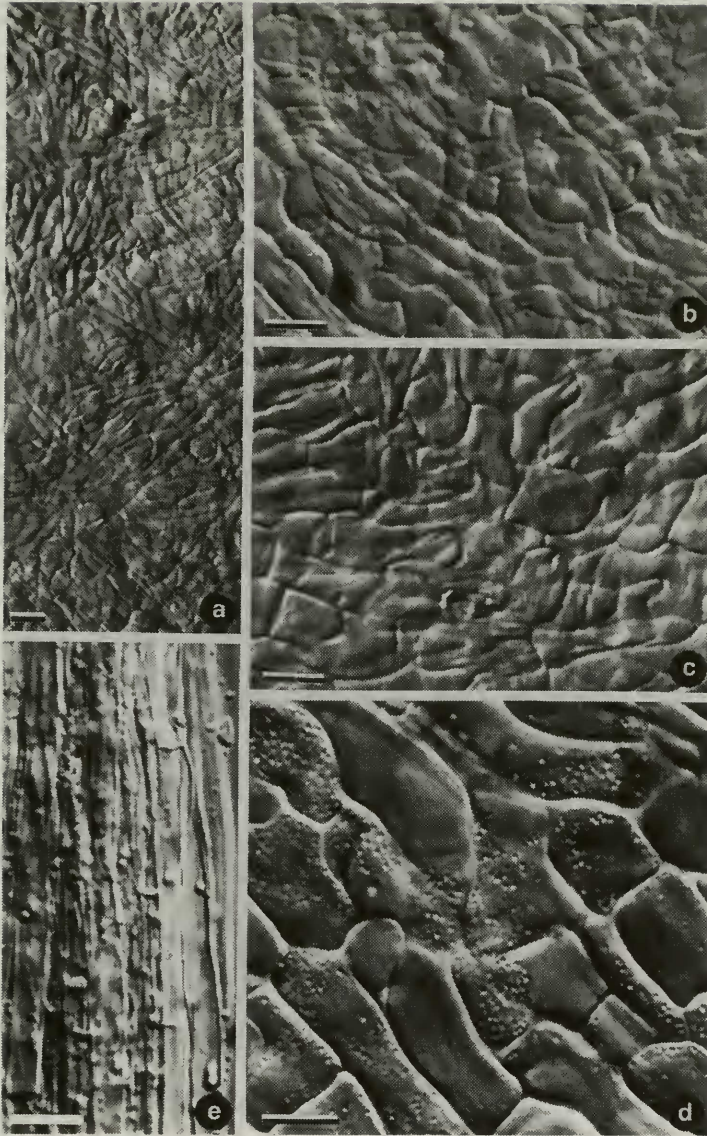
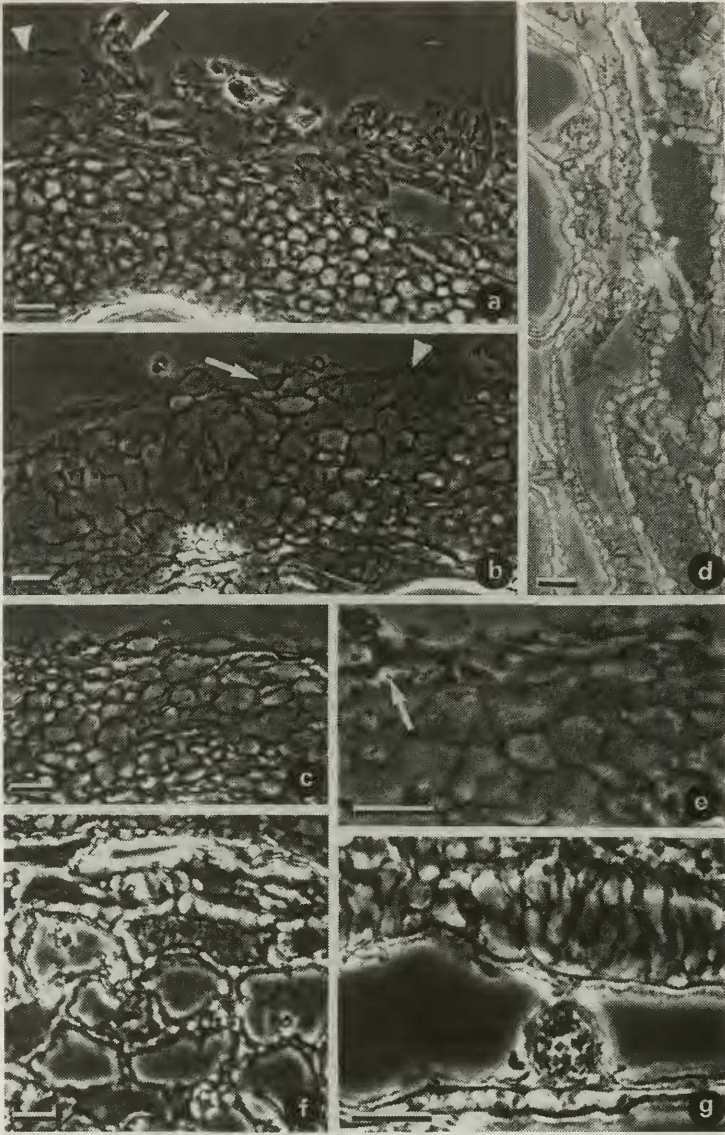


Abb. 3. - *Piceirhiza oleiferans*. - a. Mantelinnenfläche, dichtes Plectenchym mit Inselbildung aus kurzen Zellen. - b. Mantelinnenfläche, dichtes Plectenchym mit Inseln aus kurzen, breiten Zellen und langgestreckten Hyphen, alle Zellen mit Öltröpfchen, nur teilweise eingezeichnet. - c. Rhizomorfe, alle Hyphen gleichgestaltet, alle Zellen mit Öltröpfchen, nur teilweise eingezeichnet. (Abb. a, b von WA1; Abb. c von WA2).



Tafel 1. - *Piceirhiza oleiferans*. - a. Mantelinnenfläche, sternförmige Anordnung der Hyphen, ausgehend von Nestern kurzer Zellen. - b. Mantelaufsicht. - c. Flächenansicht mittlerer Mantelschicht. - d. Flächenansicht mittlerer Mantelschicht, Zellen mit Öltröpfchen. - e. Rhizomorphe, Aufsicht. (Abb. a-d von WA1; Abb. e von WA2; Meßstrich = 10 μ m).



Tafel 2. - *Piceirhiza oleiferans*. - a. Querschnitt, von abziehenden Hyphen (Pfeilkopf) und häufchen-(nest-)förmigen Ansatzstellen (Pfeil) bis Mantelinnenseite nahe Tanninzellen. - b. Längsschnitt, von abziehenden Hyphen (Pfeilkopf) und häufchen-(nest-)förmigen Ansatzstellen (Pfeil) bis Mantelinnenseite nahe Tanninzellen. - c. Längsschnitt, Mantel von Außenseite (oben) bis Innenseite (unten), Schichtung des Mantels deutlich erkennbar. - d. Längsschnitt, Hartigsches Netz von Tanninzellen (rechts) bis Mitte der Rinde. - e. Längsschnitt, Mantelhyphen mit Öltröpfchen (Pfeil). - f. Querschnitt, Hartigsches Netz von Tanninzellen (oben) bis Endodermis. - g. Längsschnitt, Hartigsches Netz in Aufsicht neben Rindenzelle mit Kern. (Abb. a-c, e-g von WA1; Abb. d von WA2; Maßstrich = 10 μ m).